

POROVNÁNÍ UV A VODOU ŘEDITELNÝCH LAKŮ Z POHLEDU MNOŽSTVÍ EMISÍ VOC

M. Meloun

Došlo: 22. dubna 2008

Abstract

MELOUN, M.: *Comparing of UV and waterborne lacquers in view of amount of VOCs' emissions.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 4, pp. 257–264

This contribution investigates the problematic of indoor air pollution. There were tested low emitting types of lacquers – UV and waterborne lacquers. The work has been splitted in to two parts. In the first part samples of lacquers were applied on the particle board with beech veneer on the surface. Samples of air with VOCs (Volatile Organic Compounds) from lacquers were taken 3 and 24 hours after application. Tests proved that film layer of UV lacquer emit much smaller volumes of VOCs than acrylic waterborne lacquers or than 2-component epoxide waterborne lacquer. Acrylic waterborne lacquers' materials emitted especially butoxyethylene, epoxide lacquer emitted a lot of butoxyethanol and methoxypropanol and UV lacquers particularly emitted toluene, benzene and xylene. Second part of testing consists of VOCs' measuring of chosen lacquers applied on different base materials – inertial material glass and particle board with beech veneer. Tested criterion was the impact of different base material on emitted amount of VOCs. The results showed that lacquer coated on glass emit much more chemicals than lacquer on wood material. All materials were also tested on total amount of organic compounds emitted in to the air – on the TVOC. Measuring showed the same results as the first parts of research.

waterborne lacquers, UV, VOC, TVOC, gas chromatography, mass spectrometry, wood material

Na rozdíl od dřívějších dob se pozornost současné společnosti stále více zaměřuje na zdravotní hledisko výrobků a materiálů, se kterými člověk přichází do styku. Progresivní vývoj v oblastech vědy a techniky umožnil lépe a přesněji definovat nebezpečí, která mohou působit na lidský organismus. Chemické látky, dříve považované za neškodné, jsou nyní často kvalifikovány jako karcinogenní, nebo jinak škodlivé.

Typickým příkladem jsou organické těkavé látky (VOC – volatile organic compounds). Nejškodlivějšími z nich jsou například benzen, toluen, etylbenzen a xyleny. Jejich množství v ovzduší interiérů stouplo na velmi významnou hranici především díky emisím z výrobků obsahujících tyto látky a též v souvislosti s utěsněním místností ve snaze zabránit tepelným ztrátám. Koncentrace emisí VOC v interiéru tak dosahuje 2×–5× (v extrémních případech i 10×) vyšších hodnot než ve venkovním prostředí.

Ve spojitosti se znečištěním vnitřního ovzduší se také objevují nová onemocnění označovaná jako SBS (Sick Building Syndrome) a BRI (Building Related Illness). Pobyt v prostorách s vysokými koncent-

racemi VOC látek totiž může způsobovat akutní toxicitu, což je přetížení orgánů, které se podílejí na odbourávání takovýchto látek. Na to reaguje i nervová soustava úbytkem neuronů a následně tak dochází k porušování nervových spojení. Symptomy takového onemocnění jsou například bolest hlavy, únava, podrážděná sliznice dýchacích cest a očních spojivek (Brunecký, P. a Tesařová, D.; 2005).

Za kritérium úrovně znečištění vnitřního ovzduší je používána hodnota TVOC (Total Volatile Organic Compounds). Ta popisuje celkové množství emisí VOC ve vnitřním prostředí (Botzenhart, K., Muller, H., Strubelt, O.; 2001) (ISO 16 000-6; 2004).

Problematiku emisí VOC v ČR z legislativního pohledu řeší ISO 1600 – 6, dále pak zákon č. 352/2000 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a ČSN P ENV 13419 – 1, 2, 3, 4. Stavební výrobky – stanovení emise těkavých organických sloučenin. Hygienickými limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností se zabývá vyhláška MZ ČR č. 6/2002 § 108.

I: Přípustný expoziční limit (PEL) pro hodnoty TVOC v interiéru (Jokl, M.; 2002)

VOC	PEL průměr [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		PEL optimální $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		Poznámka
	krátkodobě	dlouhodobě	krátkodobě	dlouhodobě	
Formaldehyd	120	60	60	60	
TVOC	600	300	300	300	Jednotlivé VOC nesmí přesáhnout hodnoty stanovené MZ ČR č. 6/2003

II: Předepsané limitní hodnoty koncentrací VOC látek ve vnitřním prostředí (MZ ČR; 2003)

VOC látka	Vzorec	Limit – dlouhodobý [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
Benzen	C_6H_6	7
Toluen	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_3$	300
o, m, p-Xylen	$\text{C}_6\text{H}_4\cdot(\text{CH}_3)_2$	200
Styren	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}\cdot\text{CH}_2$	40
Ethylbenzen	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_2\text{CH}_3$	200
Formaldehyd	HCHO	60
Trichlorethylen	$\text{CCl}_2\cdot\text{CHCl}$	150
Tetrachlorethylen	$\text{CCl}_2\cdot\text{CCl}_2$	150

Tento článek je zaměřen na jeden z velmi významných zdrojů VOC látek v interiéru – na nábytek, konkrétně na nátěrové hmoty používané pro dokončování nábytku. Výrobci laků se snaží nahrazovat klasická rozpouštědla takovými, jež mají co nejmenší podíl těkavých látek nebo takovými, které nejvíce snižují jejich množství. Vznikají tak nejrůznější typy laků, jako například vysokosušinné nebo vodou ředitelné. V této práci byly porovnávány různé druhy UV tvrditelných a vodou ředitelných laků z hlediska množství emisí uvolněných lakovým filmem.

MATERIÁL A METODY

Testované nátěrové hmoty:

- UV1 – aromatický UV tvrditelný vodou ředitelný lak
- UV2 – alifatický UV tvrditelný vodou ředitelný lak
- UVz – rozpouštědlový základní UV tvrditelný lak
- UVtop – rozpouštědlový vrchní UV tvrditelný lak
- A – akrylový vodou ředitelný jednosložkový základní lak
- B – akrylový vodou ředitelný jednosložkový vrchní lak
- C – vodou ředitelný dvousložkový epoxidový lak

Podklad pro nátěrovou hmotu:

- tabulové sklo tl. 4 mm (inertní podklad)
- dřevotřísková deska odýhovaná bukovou dýhou

Zařízení pro vytvrzování UV laků:

- UV vytvrzovací tunel Fusion F300 s lampou typ H, intenzita záření $120\text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$

Zařízení pro odběr a analýzu VOC:

- GC-MS plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem a termální desorpcí
- odběrové čerpadlo vzduchu
- odběrová trubička se sorbentem
- malo-prostorová komora.

PRACOVNÍ POSTUP

Lak v množství $100\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ je nanášen na podklad štětcem. V případě UV tvrditelných laků se po odpaření rozpouštědla vloží dílec do UV tunelu, kde je vytvrzen pod UV lampou dávkou záření $3091\text{ mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Zkoumané vzorky se dvě hodiny od nanášení vloží do klimatizační komory VOC TEST 1000. Zkoušení se provádí 3, 24 a 672 hodin od aplikace povrchové úpravy. Z komory je odebrán na desorpční trubičku pomocí kalibrovaného čerpadla vzorek vzduchu s obsahem VOC emisí. Emise VOC z prosávaného vzduchu jsou zachyceny v desorpční trubičce na sorbent – např. Tenax TA. Trubička se vzorkem ovzduší je následně podrobena analýze v plynovém chromatografu a hmotnostním spektrometru s tepelnou desorpcí. Výsledkem analýzy na tomto zkušebním zařízení je kvalitativní a kvantitativní stanovení VOC obsažených ve zkoušeném vzorku. Výsledné hodnoty se následně porovnávají jak mezi sebou, tak především s nejvyššími normou povolenými hodnotami.

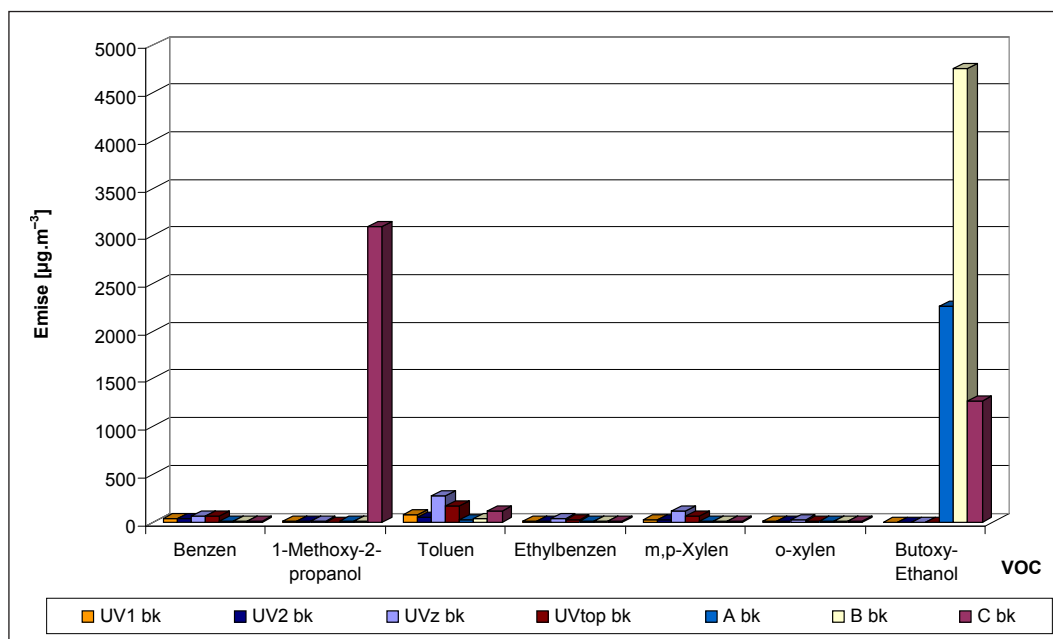
VÝSLEDKY

Emise VOC látek z laků nanesených na dřevotřísku odýhované bukovou dýhou

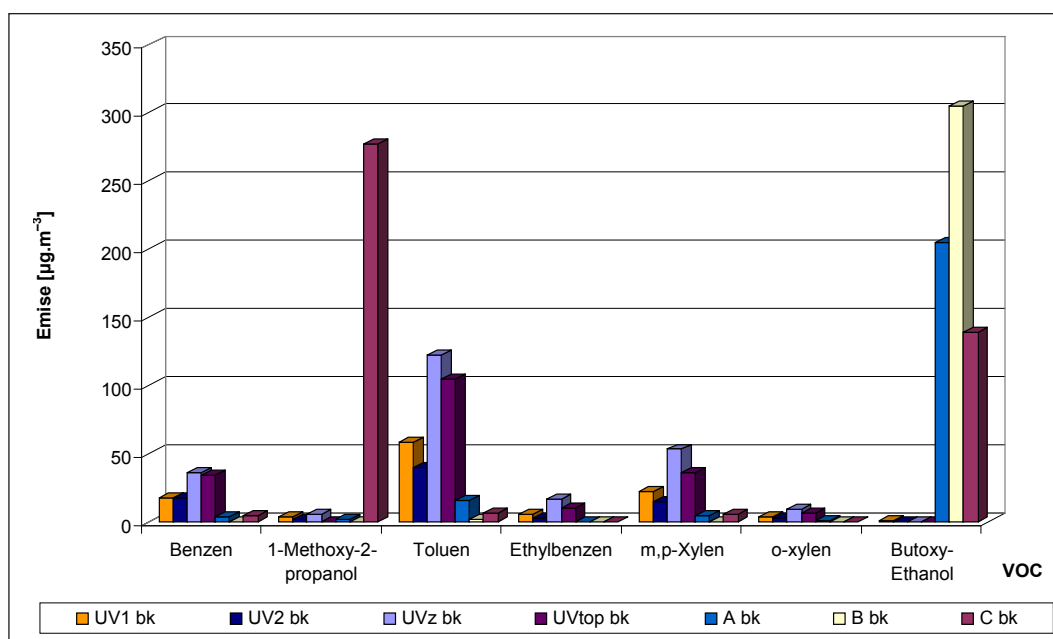
Rozpouštědlové laky dosáhly vyšších hodnot benzenu a toluenu než ostatní laky. Dvousložkový lak emitoval jako jediný velké množství metoxypropanolu. Na rozdíl od UV tvrditelných laků, které neu-

volňovaly butoxyetanol, bylo velké množství této látky zjištěno u dvousložkového laku a u akrylátových vodou ředitelných laků. Nejvíce pak u vrchního vodou ředitelného akrylátového laku (typ B).

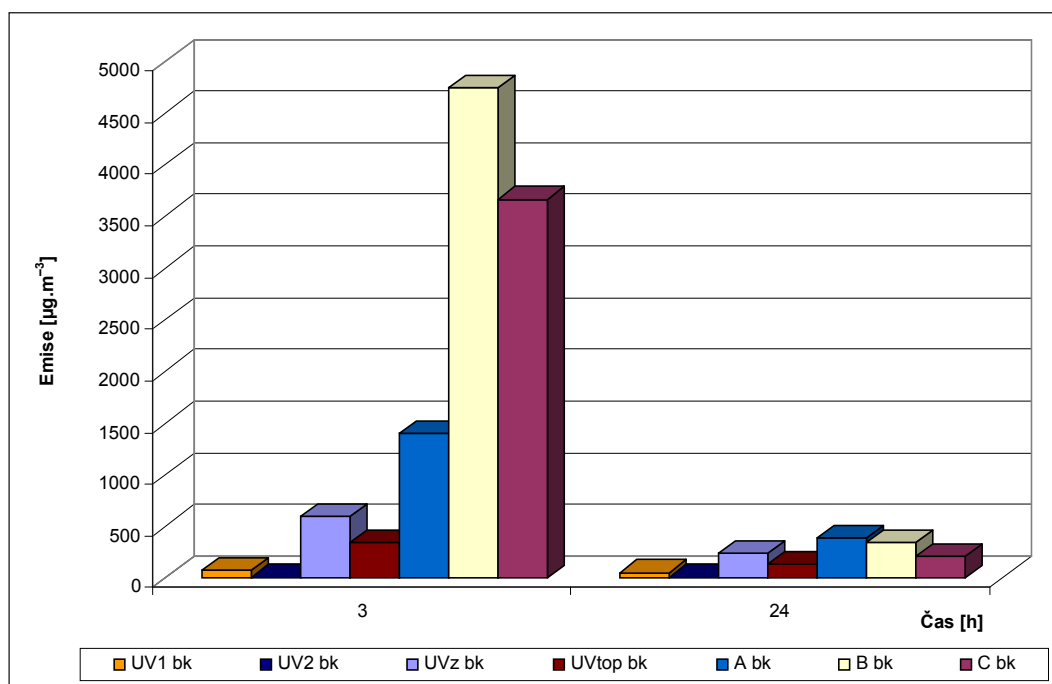
V grafu na obrázku č. 2 jsou hodnoty emisí oproti obrázku č. 1 o řád nižší. Množství benzenu a toluenu je opět zvýšené u rozpouštědlových UV laků. Emise metoxypropanolu a butoxyetanolu prokazují shodné znaky jako u měření tři hodiny po aplikaci.



1: Emise VOC naměřené tři hodiny po aplikaci laku



2: Emise VOC naměřené 24 hodin po aplikaci laku



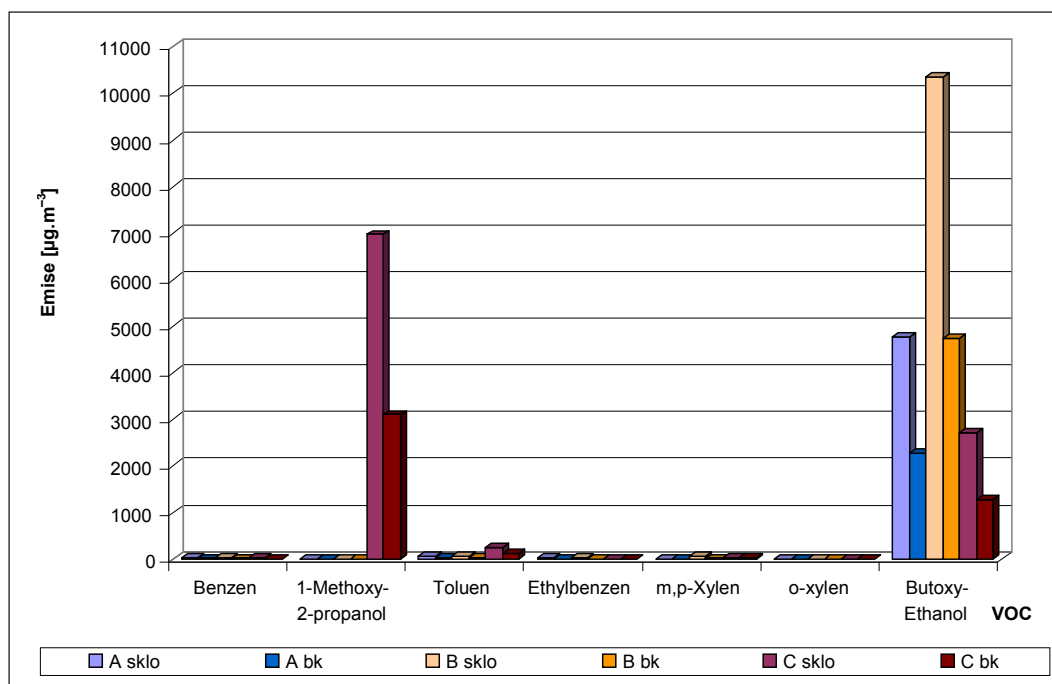
3: Množství celkových emisí – TVOC naměřené během 24 hodin od aplikace laků

V grafu na obrázku č. 3 dosáhl nejvyšších hodnot celkových emisí tři hodiny po aplikaci nátěrového filmu akrylátový vrchní lak a dvousložkový epoxidový lak. TVOC všech laků po 24 hodinách výrazně poklesly. Vodou ředitelné laky UV1 a UV2 emitovaly velmi málo těkavých látek již tři hodiny po aplikaci.

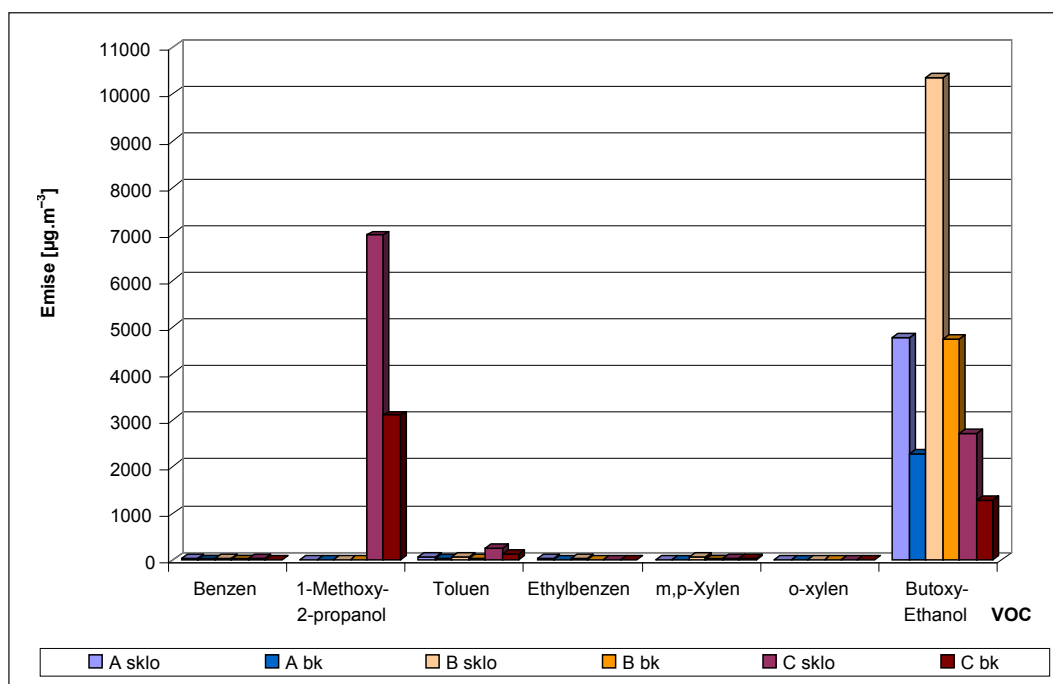
Porovnání vlivu podkladu na množství emisí

V grafu na obrázku č. 4 dosáhly laky nanesené na sklo dvojnásobné hodnoty emisí než laky nanesené na dřevěný podklad.

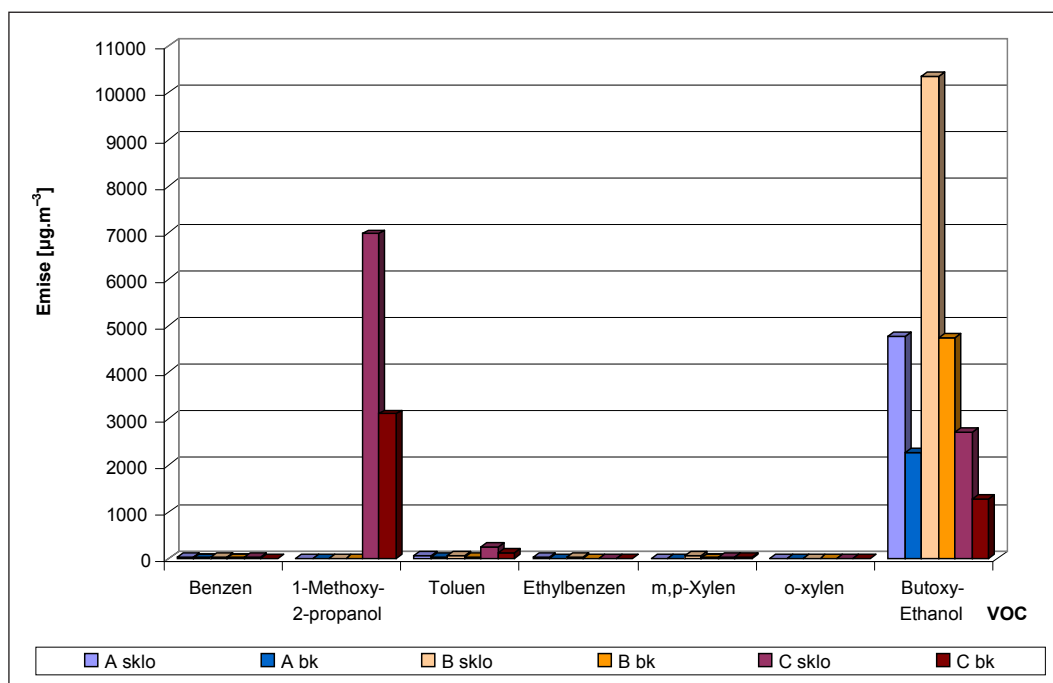
Z obrázku č. 5 vyplývá, že pokles emisí z laků nanesených na dřevě byl ve většině případů výrazně větší než na skleněném podkladu.



4: Vliv podkladu na množství emisí – tři hodiny po aplikaci laku



5: Vliv podkladu na množství emisí – 24 hodin po aplikaci laku



6: Vliv podkladu na celkové množství emisí – TVOC naměřené během 28 dní

Průběh množství TVOC během 28 dní má u všech laků na všech podkladech výrazně klesající charakter. Na konci období měření již nejsou významné rozdíly mezi testovanými vzorky.

DISKUSE

Z grafů na obr. č. 1 a 2 vyplývá, že UV laky jsou velmi malými emitenty těkavých látek. Avšak emi-

tují mnohem více benzenu a toluenu než ostatní testované vodou ředitelné nátěrové hmoty. Obzvláště na druhém z grafů je vidět, že UV tvrditelné laky jsou i většími emitenty xylenů. Při porovnání laků mezi sebou je zřejmé, že rozpouštědlové UV laky produkují vyšší emise než alifatické nebo aromatické UV laky.

Z obr. č. 3 je patrné, že po 24 hodinách je rozdíl odpařovaných organických těkavých látek proti množ-

ství tři hodiny po aplikaci laku značný. Akrylátové laky spolu s dvousložkovým epoxidovým lakem dosahují nejvyšších hodnot TVOC. Při pohledu na předešlé grafy lze zjistit, že nejvyšší částí na celkovém objemu organických látek se podílí u akrylátových laků butoxyetanol, u epoxidového laku navíc ještě metoxypropanol.

Rozdílné poměry složení odpařovaných těkavých látek jsou jednoznačně dány složením laků. Rozdílnost v emisích mezi UV a ostatními testovanými laky pak vyplývá ze způsobu vytvrzování. Průchodem přes UV vytvrzovací tunel totiž dochází k urychlenému odparu většiny těkavých složek, a proto množství dále uvolňovaných chemikálií je pak již velmi nízké. V této práci nebylo měřeno zamoření prostředí za účelem kompletně porovnat emisní únik z laků již od času aplikace hmoty na podklad. Lze však předpokládat, že výhoda nízkého odparu těkavých látek z UV laků prakticky od okamžiku projití tunelem (vytvrzení filmu) je na úkor emisí v ovzduší prostor, kde je lak nanášen a vytvrzován. Zářící UV lampy mají dále škodlivý účinek na kvalitu ovzduší i z pohledu anorganického (vznikající ozon) a také vyžadují zvýšenou ochranu pracovníků, např. brýlemi s UV filtrem.

Při testování vlivu podkladu na množství emisí VOC látek bylo zjištěno, že z laku naneseného na skle se uvolňuje mnohem větší objem těkavých látek než z laku naneseného na dřevotřískové desce odýhované bukovou dýhou. Sklo, jež neabsorbuje žádné látky, umožňuje tedy uvolnění co největšího množství škodlivin. Z obrázku č. 4 lze vyčíst, že emise VOC z nátěrového filmu na skle dosahují

dvojnásobných hodnot pro jednotlivé těkavé látky. Na obrázku č. 5, kdy po 24 hodinách emise celkově poklesly, je rozdíl většiny těkavých látek pro skleněný podklad až trojnásobný. Výjimkou je akrylový základní lak, který po 24 hodinách neemitoval ze skla téměř žádné emise butoxyetanolu.

Výsledky uvedené v obr. č. 6 potvrzují, že se i celkové emise TVOC téměř bezvýhradně liší u jednotlivých podkladů a to tak, že větší množství je emitováno ze skleněného podkladu. Z grafu dále vyplývá jednoznačně klesající trend emisí z jednotlivých laků v průběhu 28 dní a to až na úroveň splňující veškeré limity platné v současnosti.

ZÁVĚR

Při testování různých typů laků bylo zjištěno, že UV tvrditelné laky emitují velmi nízká množství VOC látek již tři hodiny od aplikace. Na rozdíl od akrylátových vodou ředitelných a dvousložkového epoxidového vodou ředitelného laku uvolňují velmi škodlivý toluen, benzen a xyleny. Největší podíl na celkových emisích u akrylátových vodou ředitelných laků má butoxyetanol, u epoxidového laku butoxyetanol spolu s metoxypropanolem. Sklo jako inertní materiál, který neabsorbuje žádné látky, umožňuje coby podklad laku uvolnění mnohem většího množství VOC látek než podklad dřevěný. Průběh množství emisí má u všech laků klesající charakter. V normách stanoveném termínu – 28 dní od aplikace – splňovaly laky limity na množství VOC látek platné v ČR.

SOUHRN

V práci byly porovnávány vybrané typy laků z hlediska zatěžování vnitřního prostředí organickými těkavými látkami. Vzorky UV tvrditelných vodou ředitelných a rozpouštědlových laků byly srovnávány s akrylátovými vodou ředitelnými laky a epoxidovým dvousložkovým vodou ředitelným lakem. Testování bylo rozděleno na dvě části. V první byly zkoumány zmíněné laky nanesené na dřevotřískové desce odýhované bukovou dýhou. UV laky byly po odpaření rozpouštědel vloženy do UV zářícího tunelu a vzorky odpařovaných chemikálií z nich byly odebrány 3 a 24 hodin po aplikaci. K odběru vzorků byla použita klimatizační komora a pro analýzu byl použit plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem a termální desorpce. Testováním bylo prokázáno, že vytvrzený UV film emituje mnohem nižší objemy VOC látek než zasychající akrylátové laky, případně vytvrzující dvousložkový epoxidový vodou ředitelný lak. Rozdílná složení laku se projevila na objemových poměrech jednotlivých těkavých látek. Ačkoli byly vybrány laky, které obsahují velmi malá množství VOC látek, rozdíly mezi jednotlivými druhy byly poměrně značné. Akrylátové vodou ředitelné laky emitovaly především butoxyetanol, epoxidový lak navíc ještě metoxypropanol. UV laky uvolňovaly především toluen, benzen a o, m, p-xyleny.

Ve druhé části byly měřeny emise z vybraných laků na podkladech sklo a dřevotřísková deska odýhovaná bukovou dýhou. Testováním faktorem v této části práce byl vliv podkladu na množství emisí. Výsledky ukázaly, že lak nanesený na skleněném podkladu emituje mnohem více VOC látek než lak na dřevě. Důvodem je především skutečnost, že dřevo je schopno absorbovat určité množství laku včetně těkavých látek. Rozdíly v hodnotách VOC byly po třech hodinách dvojnásobné, po 24 hodinách až trojnásobné.

Všechny laky byly také zkoumány z pohledu celkového emisního zatěžování, byly tedy u nich stanoveny hodnoty TVOC. Měření podpořila výsledky zjištěné v předchozích částech práce. Při analýzách 28 dní od aplikace bylo zjištěno, že všechny emitované VOC látky jsou již pod limitními hodnotami stanovenými MZ ČR. U všech laků byl prokázán jednoznačně klesající trend objemu uvolněných těkavých látek.

vodou ředitelný lak, UV, VOC, TVOC, plynová chromatografie, hmotnostní spektrometrie, dřevěný materiál.

SUMMARY

This contribution investigates the problematic of indoor air pollution. There were tested chosen types of lacquers in this work. Samples of UV lacquers were compared with waterborne lacquers and 2-component epoxide lacquer material based on water. The work has been splitted in to two parts. In the first part samples of lacquers were applied on the particle board with beech veneer on the surface. UV lacquers were given in to UV tunnel after evaporating of solvents. Samples of air with VOCs (Volatile Organic Compounds) from lacquers were taken 3 and 24 hours after application. For sampling the small-space chamber was used. Analyses were done on gas chromatograph and mass spectrometer with thermal desorption. Tests proved that film layer of UV lacquer emit much smaller volumes of VOCs than acrylic waterborne lacquers or than 2-component epoxide waterborne lacquer. Consequences of different lacquer composition were differences in constituent VOCs' amounts. Despite choosing of low emitting types of lacquers differences were quite big. Acrylic waterborne lacquers' materials emitted especially butoxyethylene, epoxide lacquer emitted a lot of butoxyethanol and methoxypropanol and UV lacquers particularly emitted toluene, benzene and xylene. Second part of testing consists of VOCs' measuring of chosen lacquers applied on different base materials – inertial material glass and particle board with beech veneer. Tested criterion was the impact of different base material on emitted amount of VOCs. The results showed that lacquer coated on glass emit much more chemicals than lacquer on wood material. The reason for this is that wood is able to absorb some amount of lacquer including volatile compounds. Volumes from glass were three hours after application double so high and 24 hours after application triple so high compare to wood. All materials were also tested on total amount of organic compounds emitted in to the air – on the TVOC. Measuring showed the same results as the first parts of research. Volumes of VOC's evaporated 28 days after lacquer application were below limits mandated in the standard MZ CR 6/2003. Amounts of emissions of all tested lacquers had decreasing character in time.

LITERATURA

- BRUNECKÝ, P., TESAŘOVÁ, D., 2005: *Emise VOC z nábytkových dílců*. Brno: MZLU, 68 s. ISBN 80-7355-040-7
- BOTZENHART, K., MULLER, H., STRUBELT, O., 2001: *Innenraum-Luftverunreinigungen*. ISBN 3-8169-2006-3
- ISO 16 000-6 Indoor air VOC part 6 Determination of volatile organic compounds in indoor and test

- chamber air by active sampling on Tenat TA* sorbent, thermal desorption and gas chromatography MS/FID, ISO 2004 s. 9–10, ISO 16000-6: 2004 (E)
- JOKL, M., 2002: *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. 1. vyd. Praha: Akademie věd České republiky, s. 76 ISBN 80-200-0928-0
- Standard MZ ČR č. 6/2003

Adresa

Ing. Milan Meloun, Ústav nábytku, designu a bydlení, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 602 00 Brno, Česká republika, e-mail: mmeli@seznam.cz

